

**СВЧ-ТРАКТ ПРИЕМОПЕРЕДАЮЩЕГО МОДУЛЯ АФАР
ДЛЯ КОСМИЧЕСКОГО РАДИОЛОКАТОРА X-ДИАПАЗОНА**

Богданов Р. А.¹, Мальцев О. С.¹, Соколовский Д. В.¹, Павлючик А. А.²

Научные руководители: Кореневский С. А., к.т.н.; Ревин В. Т., к.т.н.

¹Белорусский Государственный Университет Информатики и Радиоэлектроники

220013, Республика Беларусь, г. Минск, ул. П. Бровки, 6

E-mail: center1.6@bsuir.by

²ОАО «Минский НИИ Радиоматериалов»

220024, Республика Беларусь, г. Минск, Лейтенанта Кижеватова, 86-2

E-mail: mniirm@mniirm.by

**X-BAND MICROWAVE FRONTEND TRANSMIT/RECEIVE MODULE
FOR AESA SPACE RADAR**

Bogdanov R. A.¹, Maltsev O. S.¹, Sokolouski D. V.¹, Paulyuchyk A. A.²

Scientific Supervisors: PhD Karaneuski S.A., PhD Revin V.T.

¹Belarusian State University of Informatics and Radio Electronics

Republic of Belarus, Minsk, P. Brovki str., 6, 220013

E-mail: center1.6@bsuir.by

²Minsk Research Institute of Radiomaterials OJSC

Republic of Belarus, Minsk, Lieutenanta Kizhevatova str., 86-2, 220024

E-mail: mniirm@mniirm.by

Представлена схема построения СВЧ-тракта приемопередающего модуля экспериментального образца активной фазированной антенной решетки для космического радиолокатора X-диапазона с синтезом апертуры. Приведены некоторые конструктивные особенности и измеренные параметры разработанного СВЧ-тракта приемопередающего модуля.

A scheme for constructing the microwave frontend of the Transmit/Receive Module of the experimental sample of an active phased array antenna for the X-band space radar with an aperture synthesis is presented. Some design features and measured parameters of the microwave frontend of the Transmit/Receive Module are presented.

Основными требованиями, предъявляемыми к СВЧ-тракту приемопередающего модуля (ППМ) [1] активной фазированной антенной решетки (АФАР) для космического радиолокатора с синтезированной апертурой антенны являются: обеспечение требуемых значений мощности выходного сигнала и малого коэффициента шума приемного канала, самодиагностика и калибровка приемопередающих каналов, проблема отвода тепла от передатчика, обеспечение высокого КПД и малых массогабаритных параметров, высокая надежность при работе в специфических условиях космоса.

В результате анализа требований к ППМ и параметров современной элементной базы, доступной на момент начала работ, произведена разработка структурной схемы СВЧ-тракта, рис. 1.

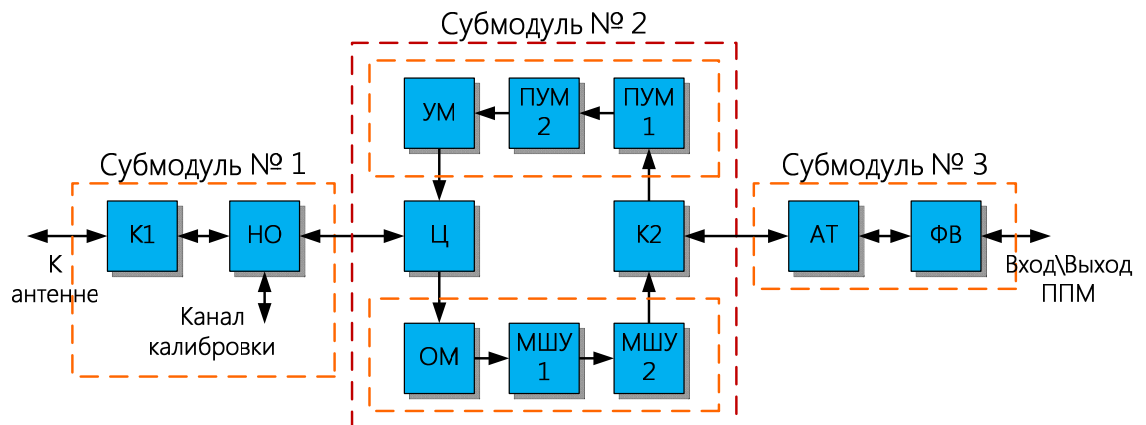


Рис. 1. Структурная схема СВЧ-тракта приемопередающего модуля

СВЧ-тракт состоит из СВЧ-субмодулей. Первый субмодуль включает в себя: высокочастотный двухпозиционный переключатель ($K1$) поляризации, позволяющий обеспечивать работу с необходимой поляризацией излучаемого и принимаемого сигналов. Направленный ответвитель (HO) позволяет обеспечивать калибровку антенной решетки и функциональный контроль модуля. Второй субмодуль осуществляет: коммутацию приемного и передающего каналов; формирование заданного уровня СВЧ-мощности, подаваемой на излучатель антенной решетки АФАР; предварительное усиление принимаемого сигнала и защиту входных каскадов приемного канала, а также управление высокочастотным переключателем каналов ($K2$) «приема-передачи». Третий субмодуль обеспечивает требуемые значения амплитуды и фазы излучаемых и принимаемых СВЧ-сигналов [2, 3]. На рис. 2 представлена фотография разработанного СВЧ-тракта приемопередающего модуля.

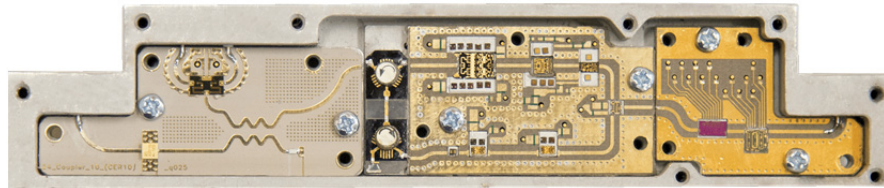


Рис. 2. Внешний вид СВЧ-тракта приемопередающего модуля

Улучшение ряда показателей СВЧ-тракта удалось достигнуть за счет работы усилителей мощности в передающем канале в импульсном режиме. Таким образом, удалось существенно снизить суммарную потребляемую мощность, уменьшить выделение тепловой энергии, повысить надежность мощных элементов передающего канала. Возможность отключения передающего канала в СВЧ-тракте во время работы в режиме на прием позволило значительно улучшить коэффициент шума приемного канала. Широкополосный входной ЛЧМ сигнал формируется модулем прямого цифрового синтеза. Полоса частот ЛЧМ сигнала – 200 МГц. При настройке СВЧ-тракта ППМ при измерении коэффициентов передачи приемного (рис. 3) и передающего (рис. 4) каналов использовался узкополосный синусоидальный сигнал.

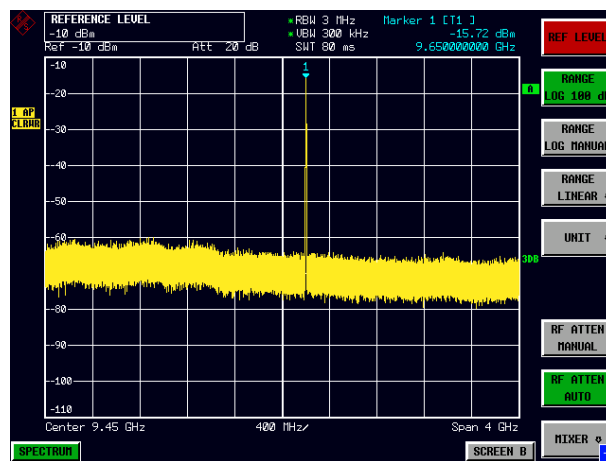


Рис. 3. Спектр выходного сигнала приемного канала при уровне входного сигнала -40 дБм

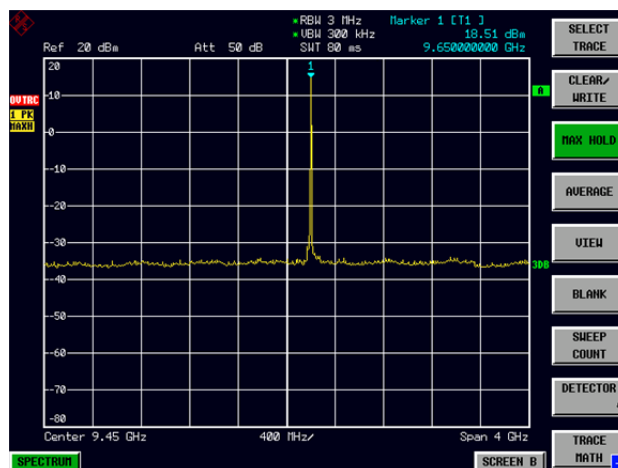


Рис. 4. Спектр выходного сигнала передающего канала при ослаблении сигнала на входе анализатора спектра на 20 дБ

Из приведенных рисунков видно, что значения коэффициента передачи приемного канала – 24 дБ, передающего канала – 38,5 дБ.

В результате измерений основных параметров СВЧ-тракта ППМ получены следующие результаты:

- коэффициент передачи СВЧ-субмодуля №1 составляет 1дБ;
- значения коэффициента шума приемного канала – 4,9 дБ;
- неравномерность АЧХ приемного канала в полосе частот 200 МГц – 0,5 дБ;
- неравномерность АЧХ передающего канала в полосе частот 200 МГц – 0,6 дБ;
- мощность выходного сигнала передающего канала – 7 Вт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов Р.А. Приемопередающий модуль X-диапазона экспериментального образца активной фазированной антенной решетки для космического радиолокатора [Текст] / Богданов Р.А, Наумович Н.М., Муравьев В.В., Мальцев О.С., Радионов А.А., Журавлев В.И., Павлючик А.А. // VII Белорусский Космический Конгресс: сб. материалов конгресса: в 2 т. / ОИПИ НАН Беларуси. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2017 – Т.1. С. 248–251.
2. Богданов Р.А. Система функционального контроля субмодуля аттенуатор-фазовращатель приемопередающего модуля X-диапазона [Текст] / Р.А. Богданов, Ю.С. Алькевич, О.С. Мальцев, Н.М. Наумович, А.А. Павлючик, В.Т. Ревин, В.А. Симоненко // Метрология и приборостроение. – 2016. – № 4. – С. 6–9.
3. Юбко А.П. Алгоритм коррекции матрицы состояний комплексного коэффициента передачи приемопередающего модуля активной фазированной антенной решетки [Текст] / Юбко А.П., Давыдов М.В., Корневский С.А., Богданов Р.А., Демидович Г.Н. // VII Белорусский Космический Конгресс: сб. материалов конгресса: в 2 т. / ОИПИ НАН Беларуси. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2017 – Т.1. С. 220–223.